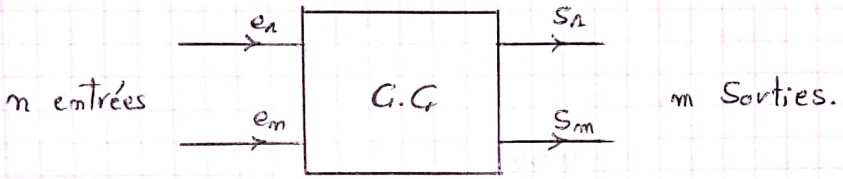
Cours Electronique Numérique
Circuits Logiques Séquentiels

Chapitre I : Généralités

1. Rappel : Circuit Combinatoire :

Un circuit Logique est Combinatoire si aprés un temps fini, les sorties sont déterminées de manière univoque (unique) des variables d'entrées.



n entrées — m Sorties.

$$S_j = f(e_1, \dots, e_n)$$

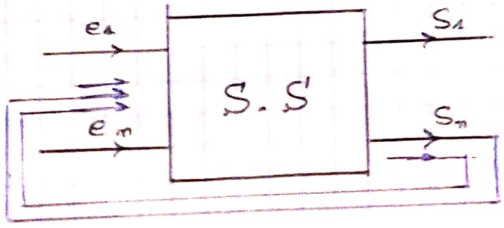
2. Circuit séquentiel :

un système séquentiel ne dépend pas uniquement de la combinaison des entrées à un moment donné mais aussi de la séquence des combinaisons précédantes de ces entrées

Un système séquentiel possède donc une fonction mémoire.

Conséquences :

+ À une combinaison des variables d'entrée correspond plusieurs états possibles du système



Les sorties du S.S dépendent des entrées mais aussi des

Scanned with CamScanner

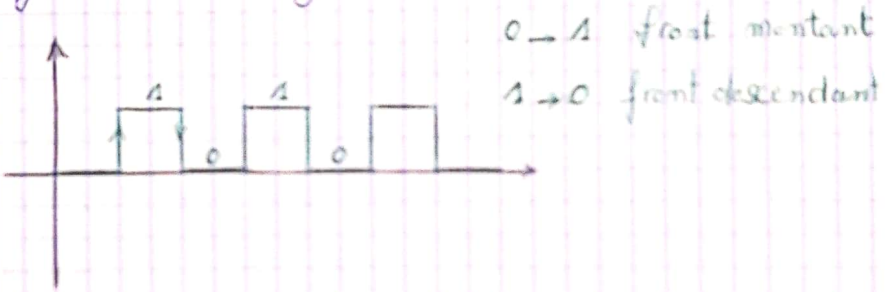
des états précédantes du système.
Cela peut être traduit ainsi :

$$S_j = f(e_1, \dots, e_n, s_{j-1} \dots)$$

3. S.S synchrone et asynchrone :

S.S. Synchrone : l'état de sortie évolue spontanément à la suite d'un changement de configuration des var. d'entrées.

S.S. asynchrone : l'état des sorties est assujetti (dépend) à une commande généralement appel horloge, le système est alors est synchronisé sur le signal d'horloge.



	Actuateur	Symbole
Commande par état	1 0	H L
Commande par front	0 → 1 1 → 0	

Scanned with CamScanner

Chapitre II : Bascules

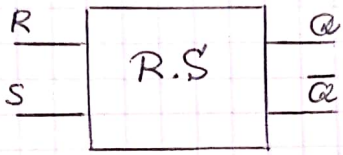
il s'agit de l'élément de base de la logique séquentielle.

1. B.S Asynchrone

1.1. Fonctionnement :

2 entrées

2 Sorties



- Table de fonctionnement :

R_t	S_t	Q_t
0	0	Q_t
0	1	1
1	0	0
1	1	—

- à t $(Q = Q_t)$

Mémoire

mise à 1

Remise à 0

Etat Interdite

R : Reset (remise à 0)

S : Set (mise à 1)

- 3 modes de fonctionnement :

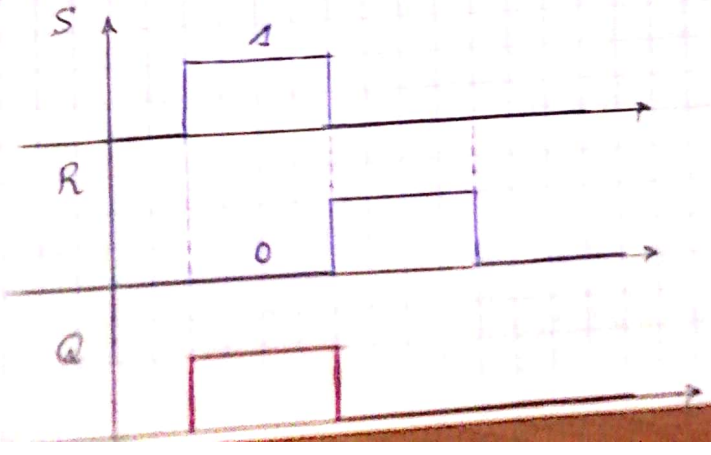
→ à $S = R = 0$ ⇒ mémoire

→ $S = 1$, $R = 0$ ⇒ mise à 1

→ $S = 0$, $R = 1$ ⇒ Remise à 0

→ $S = 1$, $R = 1$ ⇒ Interdite.

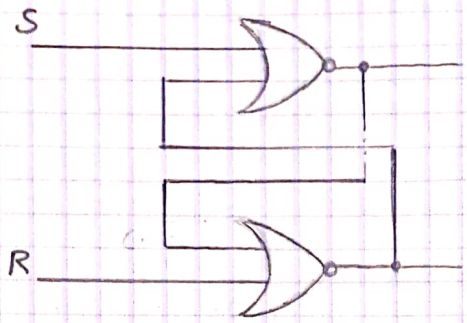
- chronogramme



Scanned with CamScanner

1.2. Réalisation de R.S :

• <u>à l'aide du NOR</u> :



preuve :

Etude statique $R = S = 0$

$Q = 0$: $\overline{Q} = \overline{S+Q} = \overline{0+0} = 1$

$Q = \overline{R+\overline{Q}} = \overline{0+1} = 0$ → mémoire

$Q = 1$: $\overline{Q} = \overline{S+Q} = \overline{0+1} = 0$

$Q = \overline{R+\overline{Q}} = \overline{0+0} = 1$ → mémoire

Etude dynamique :

On applique des impulsions :

à $t=0$; $R=S=0$; $Q=0$, $\overline{Q}=1$

$S=1$, $R=0$

$\overline{Q} = \overline{1+0} = 0$

$Q = \overline{0+0} = 1$ mise à 1

$= \overline{R+\overline{Q}}$

Quand $S=0$ $(R=0)$

$\Rightarrow Q=1$, $\overline{Q}=0$

à $t=t_0$, $Q=1$, $\overline{Q}=0$.

$R=1$, $S=0$.

$Q = \overline{R+\overline{Q}} = \overline{1+0} = 0$

$\overline{Q} = \overline{S+Q} = \overline{0+0} = 1$ Remise à 0

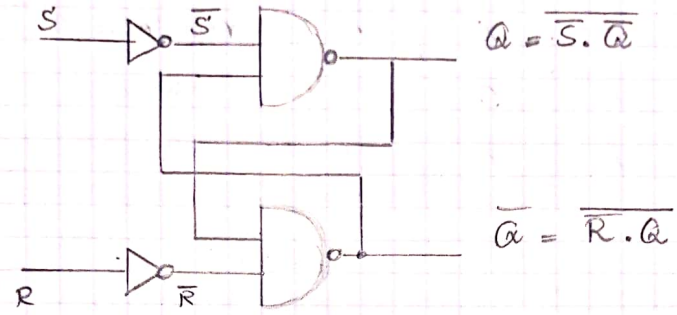
Scanned with CamScanner

on applique simultanément $R=1$, $S=1$

$\overline{Q} = \overline{S+Q} = \overline{1+Q} = \overline{1} = 0$

$Q = \overline{R+\overline{Q}} = \overline{1+\overline{Q}} = \overline{1} = 0.$

- à l'aide de NAND :



preuve :

- étude statique

2. Bascules Synchrones :

2.1 . Basule RST :

Fonctionnement :

R, S : entrées

T : Horloge.

(Signal de Commande)

T = Synchroniseé sur 1 (Haut)

- T = 0 (= T inactive)

la sortie ne change pas.

- T = 1 (= T active)

Fonctionnement de R.S.

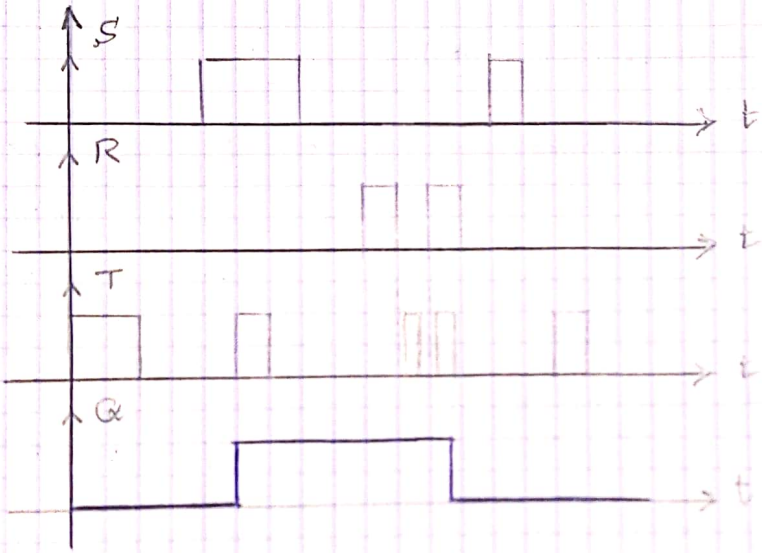
Scanned with CamScanner

- Table de fonctionnement :

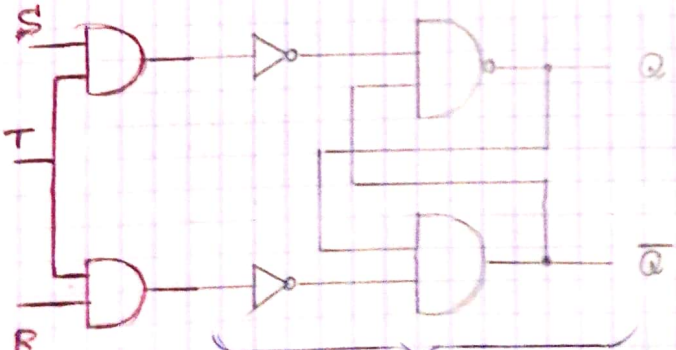
T	R	S	Q_{t^+}	
0	x	x	Q_t	mémoire
1	0	0	Q_t	mémoire
1	0	1	1	mise à 1
1	1	0	0	remise à 0
1	1	1	x	Interdit

R.S

- Chronogramme :



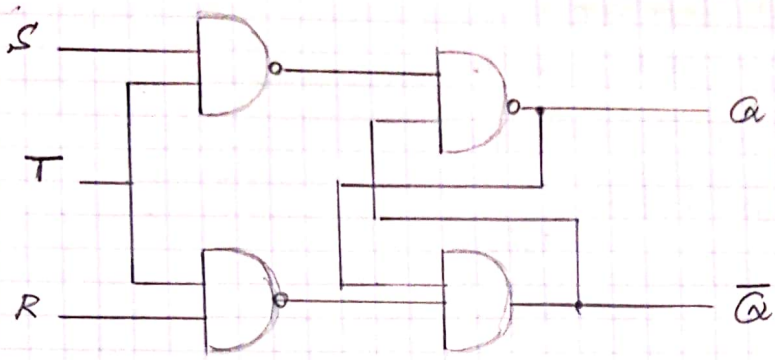
b. Constitution (Réalisation)

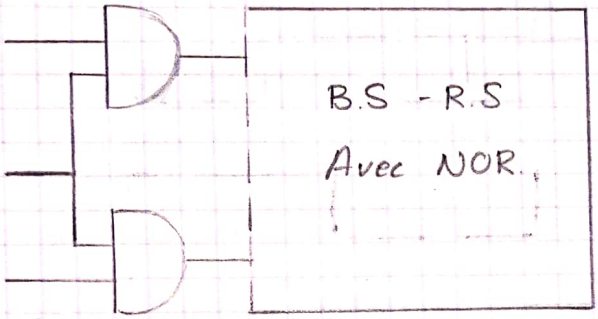


Circuit de Synchronisation

R.S. Syn.

Scanned with CamScanner

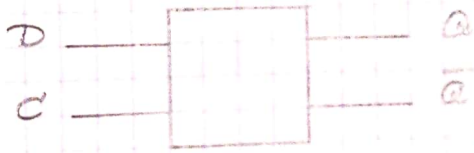




2.2 Bascule D :

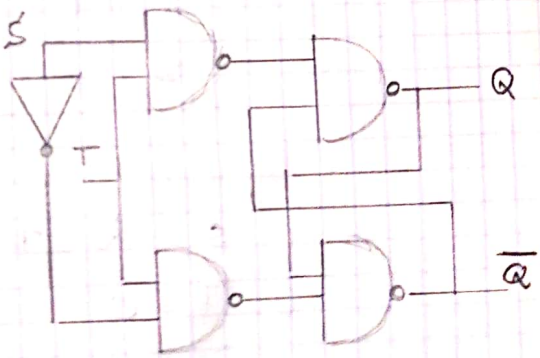
a/ fonctionnement :

Elle dispose d'une seule entrée D : (Dat.)



C active ⇒ Q = D.

C inactive ⇒ Q = Q'.



Bascule D.

- Fonctionnement :
  - → Deux modes :
  - Horloge estactive : Sa sortie recopie d'entrée D : Q = D.

Scanned with CamScanner

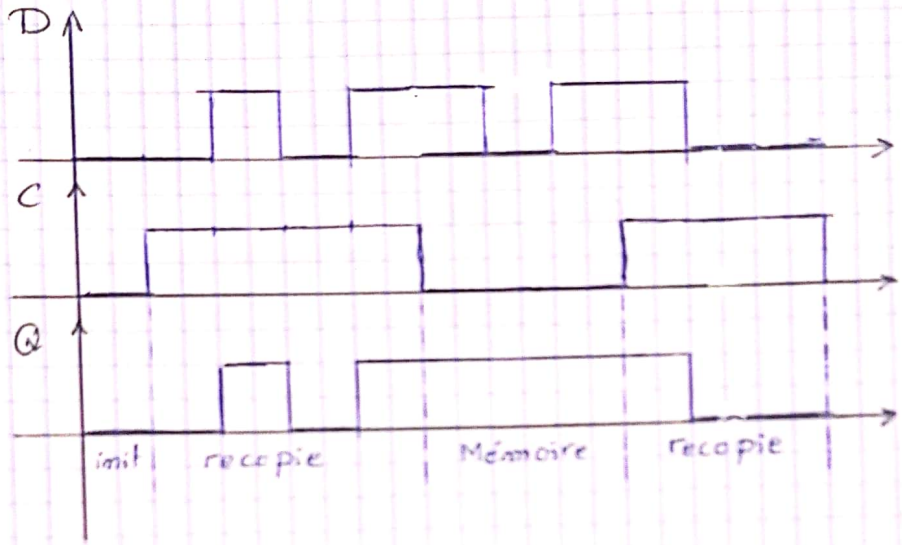
- Horloge est inactive :

  $Q = Q^-$ = état mémoire

  La sortie ne change pas.

  Q^- : état précédant.

- Exemple : B.S. D-Latch.



- Table de Fonctionnement :

D	C	Q
X	0	Q^-
D	1	D

mémoire

recopie.

- Remarque :

$$\begin{cases} S = \overline{R} \cdot D \\ T = C \end{cases}$$

T	R	S	Q
0	1	X	Q^-
1	0	1	1
1	1	0	0

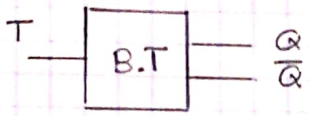
mémoire

$Q = S = D$

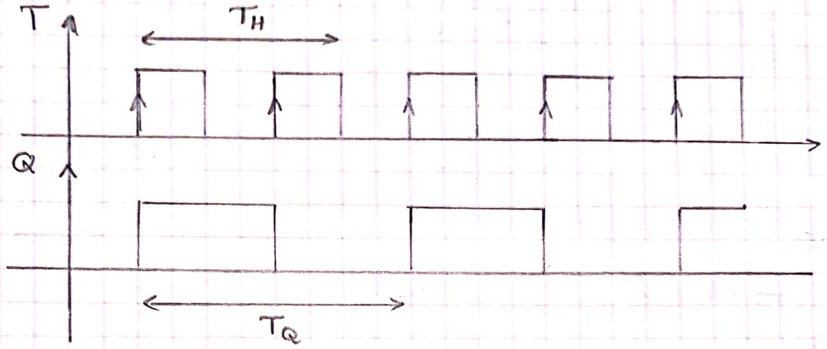
Scanned with CamScanner

2.3. Bascule T :

a/ Fonctionnement :



Exemple : Bascule T active sur ↑



$T_Q = 2\,T_H$, Si $F_H = \frac{1}{T_H}$ et $F_Q = \frac{1}{T_Q}$

$F_H = 2\,F_Q$, $F_Q = \frac{1}{2}\,F_H$

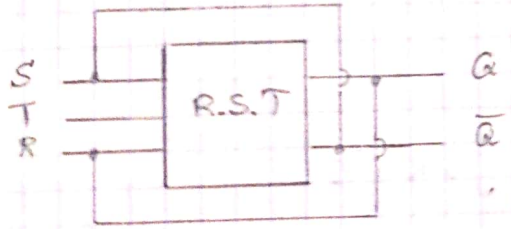
⇒ Diviseur de fréquences :

Remarque :

- T est l'élément de base d'un compteur
- D est l'élément de base des registres (mémoires)

b/ Constitution :

Exemple 1 : à partir de de la bascule B.S. RST.

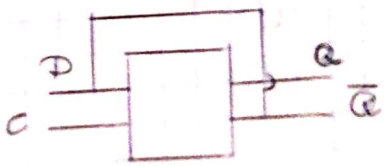


Bascule T

- Exemple 2 :

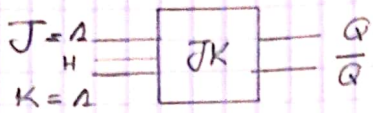
à partir d'une bascule D

$D = \overline{Q}$



Scanned with CamScanner

Exemple 3 : A partir de la bascule JK



T ⇔ J = K = 1

c'est une bascule appelée JK, Comme pour la bascule R.S, l'entrée J sert à la mise à 1 et l'entrée K sert à la remise à 0.

2.4. Bascule J.K :

a/ Fonctionnement :

J = 1 ⇒ Q = 1

K = 1 ⇒ Q = 0.

Table de fonctionnement :

T	J	K	Q	
0	x	x	Q^-	mémoire
1	0		Q^-	mémoire
1	0	1	0	remise 0
1	1	0	1	remise 1
1	1	1	$\overline{Q}$	

• Remarque :

D'après cette table, on remarque que la bascule JK peut se substituer à n'importe quel autre bascule.

• BS. RST :

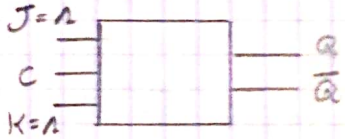
S = J , R = K.

Interdire le cas J = K = 1

• B.S.T :

J = 1

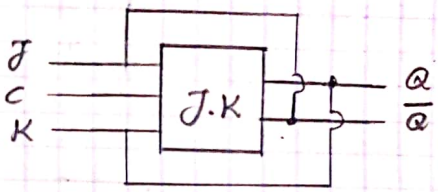
K = 1



Scanned with CamScanner

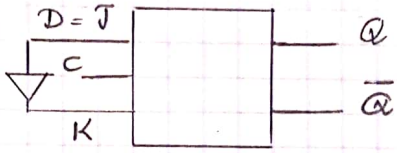
$J = \overline{Q}$

$K = Q$

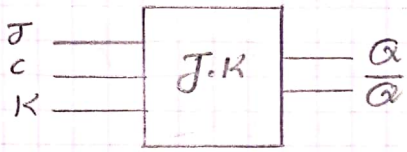


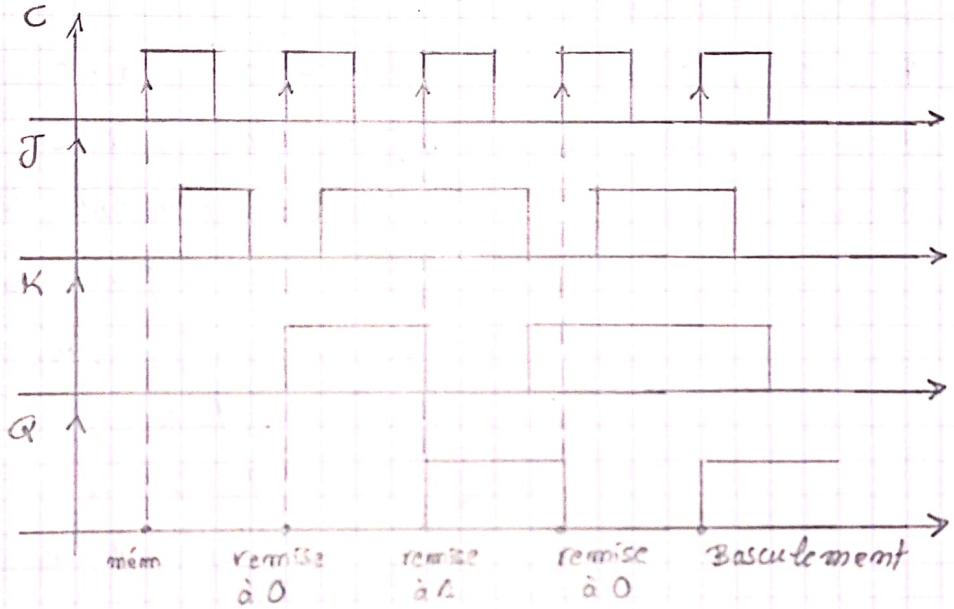
- Bascule D :

$J = \overline{K} = D.$



Exemple :





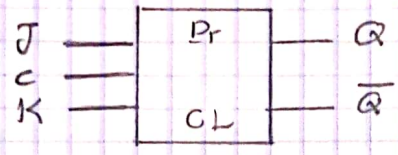
b/ Table de Transition de JK :

Q^-	Q^+	J	K
0	0	0	x
0	1	1	x
1	0	x	1
1	1	x	0

Scanned with CamScanner

c/ Bascule JK avec entrées asynchrones :

schéma :



J, K, C synchrones suivant l'horloge.

Pr et CL = asynchrones indépendantes de C.

Pr et CL sont prioritaires.

CL ⟶ CLEAR ⟶ mise à 0.

Pr ⟶ PRESET ⟶ mise à 1.

. Fonctionnement :

Pr = 1 , CL = 0 ⇒ ∀ J, K et C , Q = 1

Pr = 0 , CL = 1 ⇒ ∀ J, K et C , Q = 0.

Pr = 0 , CL = 0. ⇒ Fonctionnement de J.K.

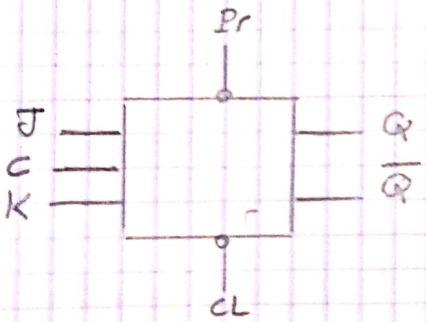
C = 0 ⇒ ∀ J, K ⟶ mémoire

C = 1 ⇒ J = 0 , K = 0 mémoire

J = 1 , K = 0 mise à 1

J = 0 , K = 1 remise à 0

J = K = 1 Basculement.



Pr = CL = 1 ⇒ JK.

Pr = 1 , CL = 0 ⇒ Q = 0

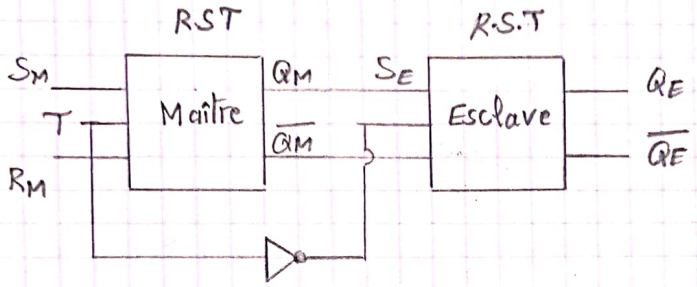
Pr = 0 , CL = 1 ⇒ Q = 1

Pr = CL = 0 ⇒ Interdit.

Scanned with CamScanner

P/ Structure Maître - Esclave :

La structure Maître - Esclave est une structure à deux bascules synchrones, l'une est appelée le maître et placé à l'entrée, l'autre est appelée esclave et placé au sortie.



. Fonctionnement :

T = 1 :

Scanned with CamScanner